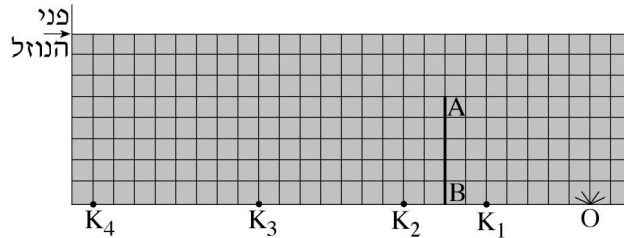


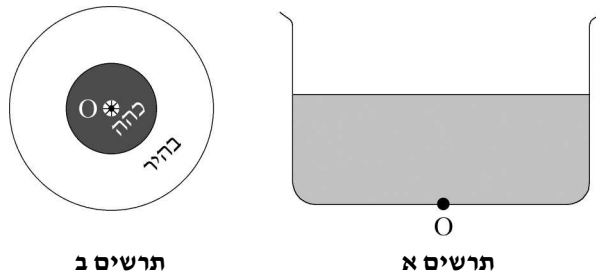
קרינה וחומר – בעיות ותרגילים לדוגמה

תופעות יסודיות של האור, ייצוג מהלך האור באמצעות קרניים
 1. בתרשים שלפניך מתואר מְּקָל שדופנותיו שקופים, ובו נוזל שמקדם השבירה שלו (ביחס לאוויר) הוא $n = 2.236$. על קרקעית המכל נמצאים מקור אור נקודתי O, הפולט אור לכל הכיוונים, ומחיצה אטומה לאור AB, וכן מסומנות ארבע נקודות K1, K2, K3, ו-K4.



- א. הראה כי $\tan \theta_c \approx 0.5$ כאשר θ_c היא הזווית הקריטית (הזווית הגבולית) במעבר של אור מהנוזל לאוויר.
 ב. העתק במדויק את התרשים למחברתך. (כל משבצת במחברת תייצג משבצת בתרשים.) היעזר בסעיף א' וסמן באות P_0 נקודה על פני הנוזל, שבה קרן אור היוצאת מ-O פוגעת בזווית הקריטית.
 ג. (1) קבע אם קיימת קרן אור שיוצאת מ-O, פוגעת בפני הנוזל ומוחזרת ישירות באופן מלא (ולא חלקי) לנקודה K_1 . סרטט והסבר.
 (2) ענה על תת-סעיף ג' (1) לגבי כל אחת מהנקודות K_2, K_3 , ו-K4.

2. במרכזה של קרקעית כוס נמצא מקור אור נקודתי O. בכוס יש נוזל שקוף (ראה תרשים א'). קרקעית הכוס צבועה בצבע לבן, המפזר לכל הכיוונים את האור הפוגע בו. כאשר מתבוננים מלמעלה, רואים על קרקעית הכוס עיגול כהה סביב מקור האור ומִשְׁטַח בהיר סביב העיגול הכהה (ראה תרשים ב').



א. העתק את תרשים א' למחברתך, וסרטט באותו תרשים את מהלכן של שלוש קרני אור היוצאות ממקור האור O:

(1) קרן הפוגעת בפני הנוזל בזווית פגיעה של 0° .

(2) קרן הפוגעת בפני הנוזל בזווית כלשהי ויוצאת לאוויר.

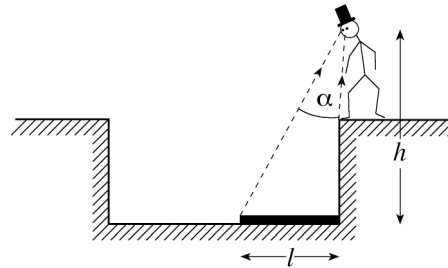
(3) קרן הפוגעת בפני הנוזל ומוחזרת החזרה גמורה.

ב. הסבר מדוע רואים על קרקעית הכוס, סביב מקור האור, אזור כהה ואזור בהיר.

ג. מוסיפים לכוס עוד מאותו נוזל. (גובה פני הנוזל בכוס עולה). האם קוטרו של העיגול הכהה יגדל, יקטן או לא ישתנה? הסבר.

ד. נתון כי גובה פני הנוזל הוא 1cm ורדיוס העיגול הכהה הוא 1.5cm. חשב את מקדם השבירה של הנוזל.

3. על שפת ברכה ריקה ניצב אדם שגובה עיניו מעל קרקעית הברכה הוא $h=3.90\text{m}$. על קרקעית הברכה ממש מתחתיו, הוא רואה סרגל באורך $l=60\text{cm}$ בזווית ראייה a (ראה תרשים).



ממלאים את הברכה במים עד גובה y מעל הקרקעית, כשהסרגל נשאר במקומו.

א. (1) העתק את התרשים למחברתך, הוסף בו את פני המים וסרטט קרן אור היוצאת מקצהו הרחוק (השמאלי) של הסרגל ומגיעה לעינו של האדם.

(2) האם הסרגל נראה לאדם קטן יותר ממה שהוא נראה לו כאשר הברכה הייתה ריקה, גדול יותר או שהוא נראה ללא שינוי? הסבר על סמך סעיף (1).

(הסעיפים הבאים לא יידרשו בבחינה)

ב. האדם רואה את הסרגל בזווית ראייה של 9.5° (כאשר בברכה יש מים בגובה y).

(1) מצא את זווית הפגיעה בפני המים של הקרן שמתוארת בסעיף א' (1) ואת זווית השבירה שלה.

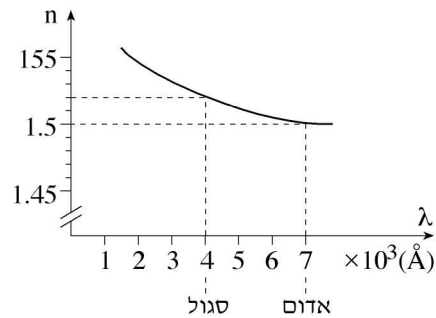
נתון כי מקדם השבירה של המים הוא 1.33.

(2) חשב את הגובה y של המים בברכה.

ג. מוסיפים לברכה מים עד גובה 2m מעל הקרקעית. במצב זה חשב כמה זמן נע האור היוצא מקצהו הקרוב (הימיני) של הסרגל עד שהוא מגיע אל עינו של האדם.

4.

א. מקדם-שבירה n בזכוכית משתנה עם אורך-הגל λ של האור, כפי שמתאר הגרף שלפניך. תאר תופעה פיזיקלית שאפשר להסביר אותה על-ידי עובדה זו.



ב. (1) האם יש הבדל בין מהירות האור האדום בריק לבין מהירות האור הסגול בריק?

(2) האם יש הבדל בין מהירות האור האדום בזכוכית לבין מהירות האור הסגול בזכוכית? הסבר.

(הסעיפים הבאים לא יידרשו בבחינה)

ג. נתונה עדשה מרכזת שעשויה זכוכית. מקרינים על העדשה אלומה מקבילה של אור אדום באורך-

גל של 7000 \AA . האור מתמקד על מסך הנמצא במרחק f_1 מהעדשה. מחליפים את מקור-האור

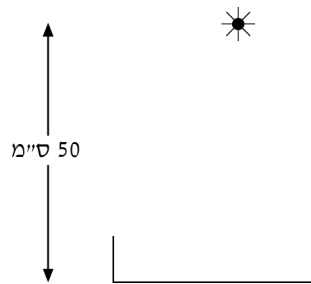
האדום במקור-אור סגול שאורך-הגל שלו הוא 4000 \AA . האור מתמקד עכשיו במרחק f_2 מהעדשה.

(1) האם יש לקרב או להרחיק את המסך, כדי לקבל עליו נקודה של אור סגול?

$$(2) \text{ מצא את היחס } \frac{f_1}{f_2}.$$

5. מקור-אור נקודתי ניצב בגובה 50 ס"מ מעל קרקעית כלי ריק (ראה תרשים). תלמיד רוצה ליצור

דמות חדה של המקור על קרקעית הכלי בעזרת עדשה מרכזת.



א. (1) באלו גבהים מעל קרקעית הכלי יכול התלמיד להציב עדשה מרכזת שרוחק המוקד שלה הוא 8 ס"מ?

(2) על סמך העובדה שמהלך קרני האור הוא הפיך, הסבר מדוע מתקבלים שני גבהים בסעיף (1).

(3) התלמיד החליף את העדשה המרכזת בעדשה מרכזת אחרת ומצא כי יש רק גובה אחד שבו נוצרת דמות חדה של המקור על קרקעית הכלי. חשב את רוחק המוקד של העדשה השנייה.

ב. עדשה מרכזת ממוקמת כך שמתקבלת דמות חדה על קרקעית הכלי הריק. ממלאים את הכלי במים.

(1) הסבר מדוע לא מתקבלת דמות חדה של המקור על קרקעית הכלי המלא מים.

(2) אם אין משנים את מקום המקור ואת מקום העדשה, האם יש להגביה את הכלי או להנמיכו כדי לקבל שוב על הקרקעית דמות חדה של המקור? הסבר.

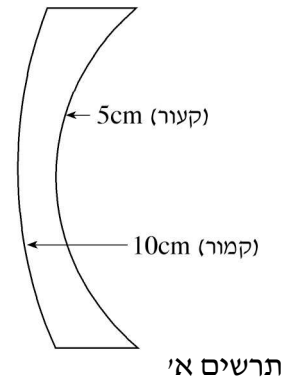
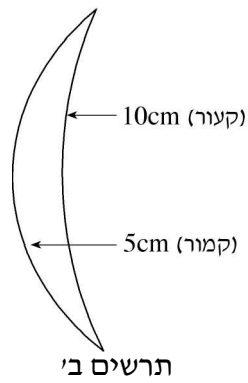
6. מציבים עצם לפני עדשת משקפיים במרחק 30cm ממנה. על מסך מתקבלת דמות הפוכה של העצם המוגדלת פי 2.

א. האם העדשה מרכזת או מפזרת? נמק.

ב. חשב את מרחק המוקד של העדשה.

ג. לעדשת משקפיים זו משטח אחד קמור ומשטח אחד קעור. למשטח אחד רדיוס עקמומיות של 5cm, ולמשטח האחר רדיוס עקמומיות של 10cm.

(1) איזה משני התרשימים, א' או ב', מתאים לעדשת משקפיים זו? הסבר.



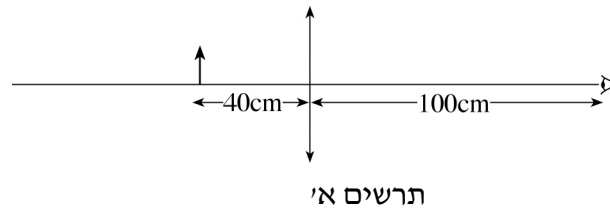
(הסעיפים הבאים לא יידרשו בבחינה)

(2) חשב את מקדם השבירה של החומר שממנו עשויה העדשה.

(3) חשב את עוצמת העדשה בדיופטרים.

ד. עדשה זו היא של משקפיים השייכים לאדם רחוק-רואי. הסבר כיצד עדשה זו מתקנת את ליקוי הראייה של אדם זה.

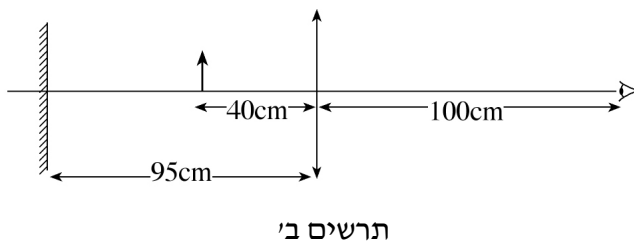
7. על הציר האופטי של עדשה מרכזת, שרוחק המוקד שלה 50cm, ניצב נר דולק במרחק 40cm משמאל לעדשה. גובה הנר 10cm. עינו של אדם נמצאת על ציר העדשה במרחק 100cm מימין לעדשה (ראה תרשים א').



א. מצא את המרחק מהעדשה של דמות הנר הנוצרת באמצעות העדשה.

ב. חשב את גובה הדמות.

(הסעיפים הבאים לא יידרשו בבחינה)



במרחק 95cm משמאל לעדשה מציבים מראה מישורית (ראה תרשים ב').

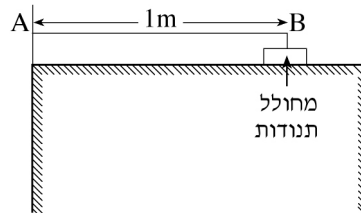
ג. מצא את המרחק מהעדשה של דמות הנר הנוצרת כתוצאה מפגיעה בעדשה של הקרניים שמוחזרות מהמראה.

ד. חשב את גובה הדמות שבסעיף ג'.

ה. איזו משתי הדמויות (סעיף א' וסעיף ג') נראית לאדם גדולה יותר? נמק.

גלים מכניים ואלקטרומגנטיים

8. חוט AB שאורכו 1m, קשור בקצהו B למחולל תנודות, ובקצהו A - למוט קבוע (ראה תרשים).



כאשר תלמיד מפעיל את מחולל התנודות, נוצר בחוט AB גל שמוחזר מהקצה A. התלמיד מגדיל ברציפות את תדירות מחולל התנודות ורושם את התדירויות בכל פעם שנוצר בחוט AB גל עומד. תוצאות הניסוי רשומות בטבלה שלפניך:

$\frac{1}{\lambda} (\text{m}^{-1})$	$\lambda (\text{m})$	צורת הגל העומד	f - תדירות התנודת (Hz)
			24
			45
			67
			88

א. העתק את הטבלה למחברתך ורשום בעמודה המתאימה את אורך-הגל λ לכל אחד מארבעת הגלים העומדים שנוצרו בחוט.

ב. רשום בעמודה המתאימה בטבלה את הערך $\frac{1}{\lambda}$ לכל אחד מארבעת הגלים, וסרטט גרף של

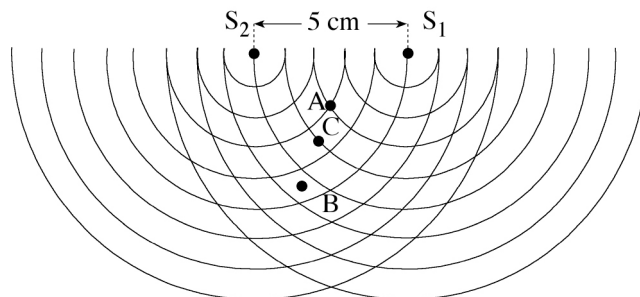
$$\frac{1}{\lambda}$$

התדירות f כפונקציה של $\frac{1}{\lambda}$.

ג. מצא בעזרת הגרף את מהירות התפשטותו של הגל בחוט AB.

ד. התלמיד ממשיך להגדיל את תדירות מחולל התנודות. מהי התדירות הראשונה (הגבוהה מ-88Hz) שייווצר בה גל עומד בחוט AB? נמק.

9. שני כדורים מתנודדים, כל אחד בתדירות 25Hz. הכדורים טובלים באמבט גלים ומשמשים שני מקורות נקודתיים S_1 ו- S_2 לגלים מעגליים. המרחק בין המקורות הוא 5cm. התרשים שלפניך מתאר ברגע $t = 0$ את חזיתות הגלים המתאימות לנקודות שנמצאות בשיא הגובה מעל פני המים (כפי שהיו במנוחה). ברגע זה, כל אחד מהכדורים נמצא בנקודת שיא הגובה מעל פני המים.



א. על פי התרשים, הסבר מדוע אורך-הגל שיוצר כל מקור הוא 1cm.

ב. לגבי כל אחת מהנקודות שבתת-סעיפים (1) - (5) שלהלן, ציין ונמק אם נוצרת בה התאבכות בונה, התאבכות הורסת או שהיא נקודת ביניים.

(1) הנקודה A המסומנת בתרשים.

(2) הנקודה B המסומנת בתרשים.

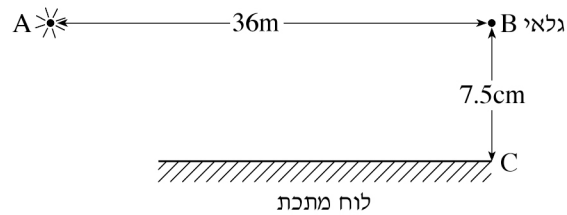
(3) הנקודה C המסומנת בתרשים.

(4) נקודה E הנמצאת במרחק 38cm מהמקור S_1 ובמרחק 39.5cm מהמקור S_2 .

(5) נקודה F הנמצאת במרחק 25cm מהמקור S_1 ובמרחק 28.2cm מהמקור S_2 .

ג. (1) חשב את זמן המחזור T של הגל הנוצר על-ידי אחד המקורות.
 (2) משרעת הגל (אמפליטודה) שיוצר כל מקור בנקודה A היא 0.4cm . סרטט גרף של העתק הנקודה A כפונקציה של הזמן מרגע $t = 0$ עד רגע $t = T$ (זמן של מחזור אחד). רשום מספרים על הצירים. נקודת האפס למדידת העתק הגל תהיה פני המים במצב שבו אין גלים באמבט.

10. מקור גלים נקודתי A פולט גלי מיקרו, שאורך-הגל שלהם הוא $\lambda = 3\text{cm}$. במרחק 36cm מהמקור נמצא גלאי B . לוח מתכת המקביל ל- AB משמש מראה לגלי המיקרו. קצה C של לוח זה נמצא במרחק 7.5cm מהגלאי, כמתואר בתרשים שלפניך.

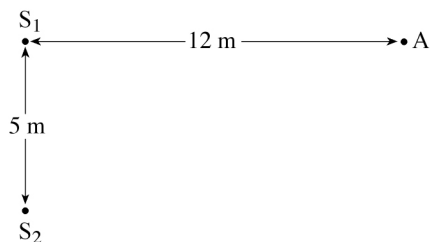


א. מה צריך להיות האורך המינימלי של לוח המתכת כדי שגלי המיקרו, היוצאים מ- A ופוגעים בלוח, יגיעו לגלאי B ? הסבר.

ב. גל מיקרו שנפלט מהמקור A , פוגע בלוח המתכת ומוחזר ממנו עם מופע הפוך לגל הפוגע. הראה כי בגלאי מתקבלת עוצמת קרינה מינימלית.

(הסעיף הבא לא יידרש בבחינה)

ג. משנים בהדרגה את אורך-הגל המופק ממקור הקרינה A . מצא שני אורכי גל, אורך-גל אחד קטן מ- 3cm ואורך-גל שני גדול מ- 3cm , שעבורם תתקבל בגלאי B עוצמת קרינה מקסימלית.



11. שני מקורות קול נקודתיים S_1 ו- S_2 יוצרים בתוך מים גלי קול באותו אורך-גל, באותה עוצמה ובאותו מופע. שני המקורות מסוגלים ליצור גלים בתחום התדירויות מ 2500Hz ועד 5000Hz . מהירות הקול במים היא 1500m/s . נקודה A נמצאת במרחק 12m מ- S_1 . מאונך ל- S_1S_2 המרחק בין שני המקורות הוא 5m . (ראה תרשים).

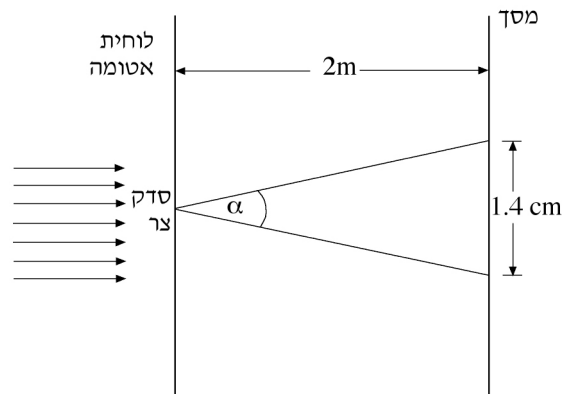
א. בתחום התדירויות של המקורות, מצא שתי תדירויות, שעבור כל אחת מהן נקבל בנקודה A עוצמת קול מקסימלית.

ב. האם קיימת תדירות כזאת בתחום התדירויות של שני המקורות, כך שעוצמת הקול בנקודה A תהיה מינימלית? אם כן - חשב את התדירות. אם לא - הסבר.

(הסעיף הבא לא יידרש בבחינה)

ג. עתה יוצרים בין שני המקורות הפרש מופע. מהו הפרש הזמן המינימלי שבו חייב המקור S_1 לפגור ביחס למקור S_2 כדי שעוצמת הקול לאורך האנך האמצעי לקטע S_2S_1 תהיה אפס, אם תדירות השידור היא 4000Hz ?

12. אלומה מקבילה של אור חד-צבעי, שאורך-הגל שלו $\lambda = 7000 \text{ \AA}$, עוברת דרך סדק צר בלוחית אטומה, ופוגעת במסך הנמצא במרחק 2m מהלוחית. על המסך נוצרת תבנית עקיפה, שהמקסימום המרכזי בה הוא ברוחב 1.4cm (ראה תרשים), ועוצמת פסי האור הצדדיים שלה ניתנת להזנחה.



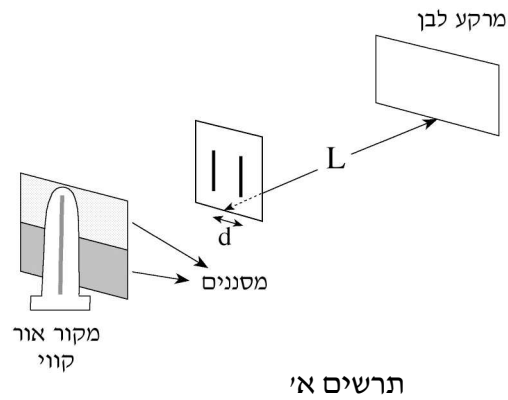
א. מהו רוחב הסדק?

ב. פותחים בלוחית האטומה סדק שני, זהה לראשון, במרחק 2mm ממנו. מתברר כי במקסימום הראשי הקודם נוצרים פסים בהירים ושחורים. מהו רוחבו של פס בהיר?

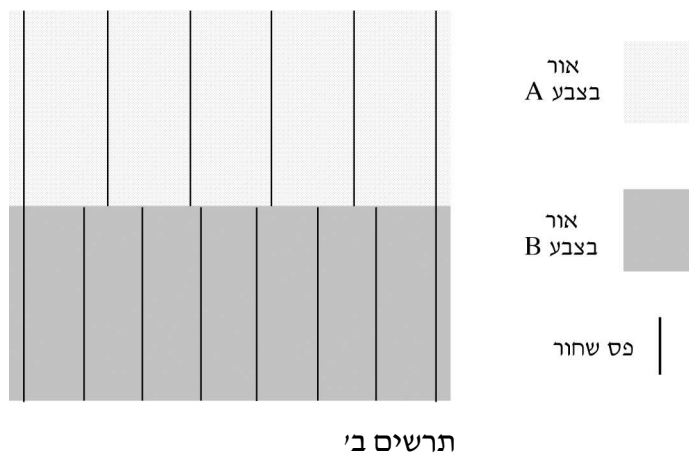
(הסעיף הבא לא יידרש בבחינה)

ג. מקרבים בהדרגה את המסך ללוחית. כאשר המסך מגיע למרחק מסוים, נעלמת תמונת ההתאבכות שהתקבלה בסעיף ב'. הסבר מדוע, בליווי סרטוט.

13. מקור-אור לבן וקווי מכוסה חציו במסנן (פילטר) כחול, וחציו במסנן אדום. האור היוצא משני המסננים עובר דרך שני סדקים צרים מאוד, הנמצאים במרחק d זה מזה, ופוגע במרקע לבן הנמצא במרחק $L = 1.2\text{m}$ מהסדקים (ראה תרשים א').

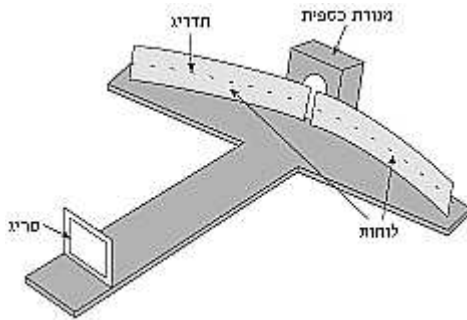


על המרקע מתקבלת תבנית התאבכות בשני צבעים A ו-B, כמתואר בתרשים ב'.



א. ידוע כי $\lambda_{\text{כחול}} > \lambda_{\text{אדום}}$. האם צבע A הוא אדום או כחול? נמק.

- ב. נתון כי אורך-הגל של האור האדום גדול ב- 1840 \AA מאורך-הגל של האור הכחול. חשב את אורכי הגל של שני הצבעים.
- ג. נתון כי רוחב כל פס אור המתקבל בתבנית ההתאבכות של האור הכחול הוא 0.8 cm . חשב את המרחק בין הסדקים.
- ד. כל מערכת הניסוי מוכנסת למים. כיצד ישפיע הדבר על רוחב פסי האור בתבנית ההתאבכות המתוארת בתרשים ב? הסבר.



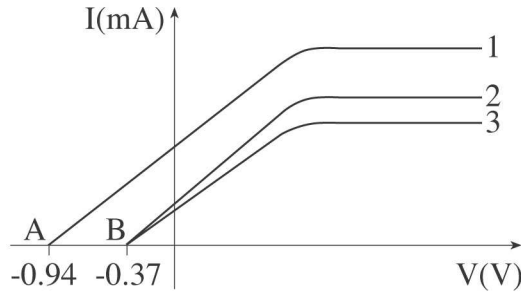
14. התרשים שלפניך מתאר ספקטרומטר הכולל שני לוחות שצורתם (במבט מלמעלה) קשת של מעגל וביניהם מרווח צר, וכן סריג עקיפה שהקבוע שלו 5300 חריצים לס"מ, והוא מקביל למרווח. החריצים בסריג הם אנכיים, וכל חלקי הספקטרומטר צבועים בשחור. תלמיד הפעיל מנורת כספית וראה (ישירות ולא דרך הספקטרומטר) שצבעה סגול. התלמיד הציב את

מנורת הכספית מאחורי המרווח שבין הלוחות הספקטרומטר (ראה תרשים), והתבונן דרך הסריג בקווי הספקטרום על רקע תדריג (סקלה) המסומן על הלוחות. הוא מצא שבסדר ראשון מופיעים ארבעה קווים ספקטראליים, ושזוויות הסטייה של קווים אלה מהקו המחבר את אמצע הסריג עם אמצע המרווח הן: $12.3^\circ, 13.2^\circ, 16.9^\circ, 17.9^\circ$.

- א. חשב את אורכי הגל של ארבעת הקווים הספקטראליים.
- ב. מהו צבע האור בסדר אפס (הפס המרכזי) שראה התלמיד דרך הסריג? הסבר.
- ג. מדוע כל חלקי הספקטרומטר נצבעו בשחור?
- ד. כאשר התלמיד הרחיק את הלוחות הספקטרומטר כך שהמרווח גדל, נראו הקווים הספקטראליים **רחבים יותר**. הסבר את התופעה.
- ה. התלמיד החליף את מנורת הכספית במנורת להט (הפולטת אור לבן) והתבונן דרך הסריג בספקטרום שנוצר.
- (1) איזה שינוי חל בסדר אפס? הסבר.
- (2) האם חל שינוי בסדר ראשון? הסבר.

מבוא לתורת הקוונטים - המודל הדואלי של האור

15. התרשים שלפניך מתאר תוצאות שלושה ניסויים שבוצעו עם תא פוטואלקטרי מסוים ושני מקורות אור בעלי עוצמת אור קבועה, שאינה משתנה במהלך הניסוי. מקור אחד פולט אור באורך-גל 4358 \AA , והאחר - באורך-גל 5461 \AA .



א. העתק למחברתך את הטבלה שלפניך ורשום לכל עקומה את אורך-הגל המתאים לה. הסבר את קביעתך.

מספר עקומה	אורך-הגל
1	
2	
3	

ב. חשב בעזרת אחת העקומות את אנרגיית הקשר (פונקציית העבודה) של הפולט בתא הפוטואלקטרי.

ג. עבור זוג העקומות המתאימות לניסויים עם אותו אורך-גל, קבע באיזו מהן היה המרחק בין המקור לתא גדול יותר. הסבר.

ד. מחליפים את התא בתא אחר עם פולט שאנרגיית הקשר שלו קטנה יותר, וחוזרים על הניסויים.

(1) האם נקודת החיתוך של כל עקומה עם הציר האופקי V תזוז ימינה, שמאלה או תישאר במקומה? הסבר.

(2) האם ישתנה אורך הקטע AB - המרחק שבין נקודות החיתוך של העקומות עם הציר האופקי V ? הסבר.

16.

246

א. (1) לקרינת X הנפלטת משפופרת יש אורך-גל מינימלי. הסבר מדוע תופעה זו מעידה על האופי החלקיקי של קרינת X.

(2) ציין תופעה אחת שבה מתבטא האופי הגלי של קרינת X.

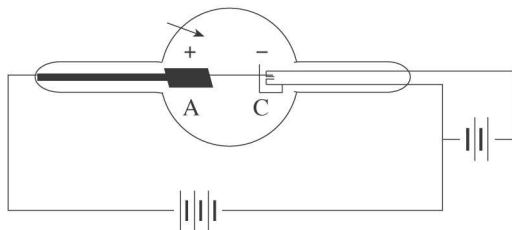
ב. נתון מקור קרינת X, הפולט אלומת פוטונים בעלי אנרגיה של 30 keV ($3 \cdot 10^4 \text{ eV}$). חשב את אורך-הגל של הקרינה.

ג. הספק האלומה של קרינת ה-X שבסעיף ב' הוא $5 \cdot 10^{-3} \text{ W}$. חשב את מספר הפוטונים הנפלטים מן המקור בכל שנייה.

אלומת אלקטרונים פוגעת בעלה גבישי ויוצרת תבנית התאבכות.

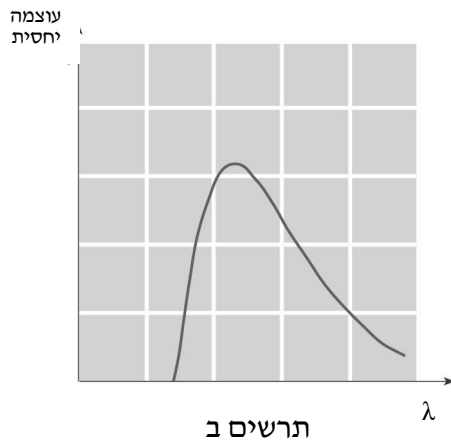
ד. ציין תכונה אחת של האלקטרונים המאפשרת תבנית התאבכות, וציין תכונה אחת של הגביש המאפשרת תבנית כזו.

ה. חשב את האנרגיה הקינטית של האלקטרונים באלומה, אם ידוע שאורך-הגל שלהם שווה לאורך-הגל של קרינת ה-X שחישבת בסעיף ב'.



17. בתרשים א' מתוארת שפופרת ליצירת קרני X. מאיצים אלקטרונים בשפופרת, במתח של $40,000 \text{ V}$. העקום בתרשים ב' מתאר את העצמה היחסית של הקרינה הנפלטת כפונקציה של אורך-הגל.

תרשים א



א. (1) מדוע יש צורך לרוקן את השפופרת מאוויר?

(2) מאיזה חלק בשפופרת נפלטת הקרינה?

(3) מדוע יש צורך לקרר את המטרה (אנטיקתודה)?

ב. (1) מה הגורם להיווצרות קרינה בשפופרת זו?

(2) מדוע הקרינה נפלטת ברצף של אורכי גל?

ג. (1) מדוע קיים אורך-גל קצר ביותר בקרינה הנפלטת

(2) חשב את אורך-הגל הקצר ביותר המתקבל.

ד. העתק למחברתך את תרשים ב' והוסף בו סרטוט מקורב של העקום שמתקבל, כאשר המתח בשפופרת הוא 30,000V. הדגש בשרטוט את ההבדלים בין שני העקומים.

מבנה האטום

18.

א. אחת ההנחות שעליהן מבוסס המודל של בוהר לאטום המימן היא הקשר:

$$\text{I. } m_e v r = n \frac{h}{2\pi}$$

הראה כי קשר I שקול להנחה שהיקף המסלול המעגלי של האלקטרון הוא כפולה שלמה של אורך-גל דה-ברויי של האלקטרון.

ב. (1) הראה, בעזרת המודל של בוהר, כי הרדיוסים של המסלולים המעגליים של האלקטרון, הנע

$$\text{II. } r = \frac{h^2}{4\pi^2 m_e k e^2} n^2 \quad \text{: סביב גרעין אטום המימן, מקיימים את הקשר:}$$

(אינך רשאי להשתמש בביטויים הרשומים בדף הנוסחאות עבור הרדיוסים של מסלולי האלקטרון באטום מימן).

(2) הראה שמקשר II נובע שרדיוסי המעגלים הם בדידים.

ג. מתברר כי אפשר ליישם את ההנחה של בוהר, המבוססת בקשר I, גם על אלקטרון הנע במסלול מעגלי בשדה מגנטי אחיד.

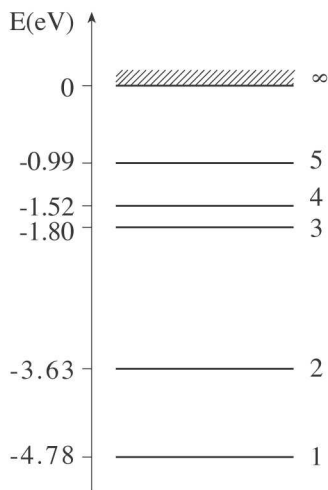
(1) הראה, בעזרת קשר I, כי הרדיוסים של המסלולים המעגליים של האלקטרון הנע בשדה

$$\text{III. } r = \sqrt{\frac{h}{2\pi e B}} n \quad \text{: מגנטי אחיד B, מקיימים את הקשר:}$$

(2) הראה שמקשר III נובע שרדיוסי המעגלים הם בדידים.

19. בספקטרום של אור השמש מופיעים קווים שחורים. קווים אלה נוצרים כתוצאה מכך שאור באורכי גל מסוימים, הנפלט מתוך השמש, נבלע על-ידי גזים הנמצאים באטמוספירה של השמש.

אחד הקווים השחורים בספקטרום השמש מתאים לבליעת אור באורך-גל של 5880 \AA .



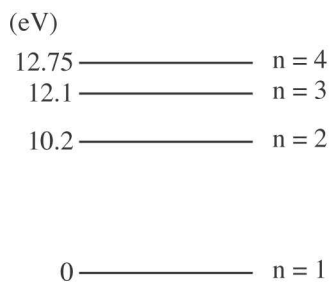
- א. חשב את האנרגיה של פוטון בעל אורך-גל זה (5880 \AA).
- ב. התרשים שלפניך מתאר רמות אנרגיה אחדות של אטום ההליום. בגלל הטמפרטורה הגבוהה של אטמוספירת השמש, אטומי ההליום עשויים להימצא ברמות מעוררות.
- ג. הראה כי ניתן להסביר את היווצרותו של הקו השחור (בליעה באורך-גל של 5880 \AA) בעזרת רמות האנרגיה של אטום ההליום.
- ד. תחום אורכי הגל של אור נראה הוא $4000 \text{ \AA} - 7000 \text{ \AA}$. האם אור נראה, הנפלט מתוך השמש, יכול לגרום ליינון של אטום הליום הנמצא ברמה $n=2$? הסבר.
- ד. אלקטרון נע מתנגש באטום הליום נח שנמצא ברמה $n = 2$. איזה תנאי האלקטרון צריך למלא כדי שאטום ההליום יעבור לרמה גבוהה יותר?

20. בין קווי ספקטרום הפליטה של היסוד ליתיום נמצאו שלושה קווים בעלי אורכי הגל הבאים:

$$\lambda_3 = 2741 \text{ \AA} \quad \lambda_2 = 3233 \text{ \AA} \quad \lambda_1 = 6708 \text{ \AA}$$

- א. (1) עבור כל אחד מן הקווים, חשב את האנרגיה, ב-eV, של הפוטון המתאים לו.
- (2) כל אחד משלושת הקווים שנמצאו מתקבל ממעבר מרמה מעוררת אל רמת היסוד. על סמך קווים אלה, סרטט דיאגרמה של רמות האנרגיה של האטום. ליד כל רמה ציין את האנרגיה שלה ב-eV. סמן בדיאגרמה את הקצים המייצגים את המעברים המוזכרים. בחר את רמת היסוד כ- $E = 0$.

- ב. מצא את אורכי הגל של קווים נוספים, שעשויים להימצא בספקטרום ושמתקבלים ממעברים בין הרמות שסרטטת בסעיף א' (2). (הנח שכל המעברים האלה מותרים.)
- ג. אנרגיית היינון של אטום ליתיום היא 5.39 eV . חשב את אורך-הגל המקסימלי של פוטונים שיכולים לגרום ליינון אטום ליתיום.
- ד. כלי מכיל גז של אטומי מימן הנמצאים ברמת היסוד. ארבע רמות האנרגיה הראשונות של אטום המימן מתוארות בתרשים.



- (1) אלומת אלקטרונים בעלי אנרגיה קינטית של 11eV עוברת דרך הגז. מהו ערך (או מהם ערכי) האנרגיה של האלקטרונים היוצאים מן המְּכָל?
- (2) אלומת פוטונים בעלי אנרגיה של 11eV עוברת דרך הגז. מהו ערך (או מהם ערכי) הפוטונים היוצאים מן המְּכָל?

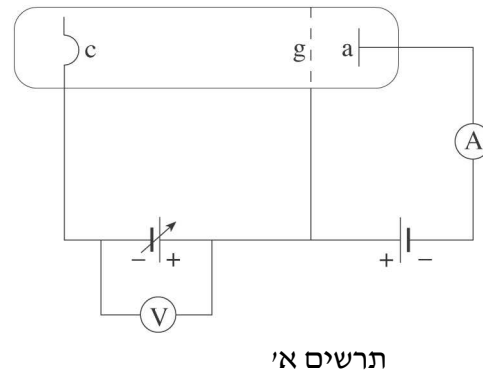
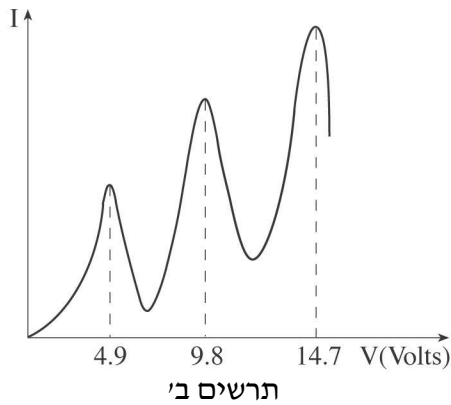
21. רמות האנרגיה של יון הליום, שבו נע אלקטרון יחיד סביב הגרעין, נתונות על-ידי ביטוי דומה

$$E_n = -\frac{4R^*}{n^2}, \text{ כאשר } R^* = 13.6 \text{ eV}.$$

- א. (1) מצא את האנרגיה המינימלית הדרושה לשם יינון של יון ההליום הנמצא במצב היסוד.
 (2) מצא את אורך-הגל המרבי של הקרינה הדרושה ליינון זה.

- ב. אלומה של קרינה אלקטרומגנטית, בעלת טווח רציף של אורכי גל שבין 240\AA ל- 500\AA , עוברת דרך מְּכָל שבו נמצאים יוני הליום שכולם במצב היסוד. חשב באילו אורכי גל נבלעת הקרינה האלקטרומגנטית. הזנח אפשרות בליעה של יון מעורר.
- ג. כמה קווים ספקטרליים יימצאו בספקטרום הפליטה של יוני ההליום, שעוררו על-ידי הקרינה שתוארה בסעיף ב'? הסבר.

22. תרשים א' מתאר מערכת לביצוע ניסוי פרנק-הרץ. בשפופרת המכילה אדי כספית בלחץ נמוך, נמצאים: קתודה מחוממת c, סריג g ואנודה a. בתרשים ב' מתואר הזרם, הנמדד באמצעות האמפרמטר, כפונקציה של המתח הנמדד באמצעות הוולטמטר.



- א. מהן הסיבות לעליות ולירידות בעצמת הזרם עם עליית המתח?
 ב. מה ניתן להסיק מתוצאות ניסוי זה על מבנה אטום הכספית? הסבר.
 ג. במצב שבו הוולטמטר מורה $12V$:

- (1) מהו המספר המרבי של התנגשויות לא-אלסטיות שיכול אלקטרון לבצע? הסבר.
 (2) מהו אורך-הגל (או אורכי הגל) של הקרינה הנפלטת מאטומי הכספית?

מבוא לתורת הקוונטים - דואליות החומר

23. תלמיד ערך ניסוי בשפופרת לעקיפת אלקטרונים העשויה זכוכית מרוקנת מאוויר. השפופרת כוללת קתודה, גביש גרפיט דק המורכב ממיקרו-גבישים רבים, ומסך פלואורסצנטי. מרחקו של המסך הפלואורסצנטי מהגביש הוא 13.5 ס"מ. כאשר התלמיד הפעיל את השפופרת, נפלטו מהקתודה אלקטרונים. הנח כי מהירות האלקטרונים הנפלטים היא בקירוב אפס. אלקטרונים אלו הואצו במתחים שונים V , לעבר הגביש, עברו דרכו ופגעו במסך. על המסך התקבלה תמונת עקיפה של טבעות מוארות שבהן פגעו אלקטרונים ושל טבעות חשוכות שאליהן האלקטרונים לא הגיעו. התלמיד רשם את ערכי המתח המאיץ, V , ואת הרדיוס, r , של טבעת העקיפה מהסדר הראשון. תוצאות המדידות רשומות בטבלה:

5000	4000	3000	2000	1000	V (וולט)
1.1	1.3	1.5	1.9	2.5	R (ס"מ)

- א. בלי להסתמך על תוצאות המדידה הוכח כי : $r \propto \frac{1}{\sqrt{V}}$.
 ב. סרטט גרף של הרדיוס, r , כפונקציה של $1/\sqrt{V}$.
 ג. מצא בעזרת הגרף את המרחק בין אטומי הגרפיט.
 ד. הסבר מדוע תבנית העקיפה מורכבת מטבעות (ולא מנקודות).

24. תלמיד ערך ניסוי בשפופרת לעקיפת אלקטרונים העשויה זכוכית מרוקנת מאוויר. השפופרת כוללת קתודה, גביש גרפיט דק המורכב ממיקרו-גבישים רבים, ומסך פלואורסנטי. מרחקו של המסך מהגביש הוא 13.5 ס"מ.

כאשר התלמיד הפעיל את השפופרת נפלטו מהקתודה אלקטרונים. הנח כי מהירות האלקטרונים הנפלטים היא בקירוב אפס. אלקטרונים אלו הואצו במתח של $4,000V$, לעבר הגביש, עברו דרכו ופגעו במסך. על המסך התקבלה תמונת עקיפה של טבעות מוארות שבהן פגעו אלקטרונים, ושל טבעות חשוכות שאליהן האלקטרונים לא הגיעו. רדיוס טבעת מוארת מסדר ראשון הוא 1.3 ס"מ.

א. חשב את אורך-הגל של האלקטרונים לאחר שהואצו במתח של $4,000V$.

ב. חשב את המרחק בין אטומי גביש הגרפיט.

ג. האם תתקבל תמונת עקיפה ברורה אם אלומת האלקטרונים תעבור דרך חריץ שרוחבו 0.1 מ"מ? נמק.

ד. מה יהיה רדיוס טבעת מוארת מסדר ראשון, אם במקום האלקטרונים תפגע בגביש

אלומה של קרינת X, שאורך-הגל שלה הוא 0.1\AA ?

הגרעין ומבוא לחלקיקים יסודיים

25. גרעין נפטוניום, Np , מתפרק התפרקות רדיואקטיבית לגרעין פרוטאקטיניום, Pa . גרעין

פרוטאקטיניום מתפרק התפרקות רדיואקטיבית לגרעין אורניום, ${}_{92}^{233}U$. ידוע גם כי מספר המסה של גרעין פרוטאקטיניום שווה לזה של גרעין אורניום, והמספר האטומי של נפטוניום הוא 93.

א. (1) מהו המספר האטומי של גרעין פרוטאקטיניום, Pa ? הסבר.

(2) מהו מספר המסה של גרעין נפטוניום, Np ? הסבר.

ב. לגרעין נפטוניום, Np , זמן מחצית חיים של $2 \cdot 10^6$ שנים. חשב את הפעילות (מספר ההתפרקויות לשנייה) של מדגם שנמצאים בו $2 \cdot 10^{15}$ גרעינים כאלה.

ג. בהנחה שכל הנפטוניום שהיה על כדור הארץ מקורו בזמן ההיווצרות של כדור הארץ, לפני כ- $2 \cdot 10^9$ שנים, הראה מדוע אי-אפשר למצוא נפטוניום טבעי על פני כדור הארץ.

ד. בהתפרקות רדיואקטיבית, סכום מסות התוצרים קטן ממסת גרעין-האב. הסבר כיצד עובדה זו קשורה לאנרגיה הקינטית של התוצרים.

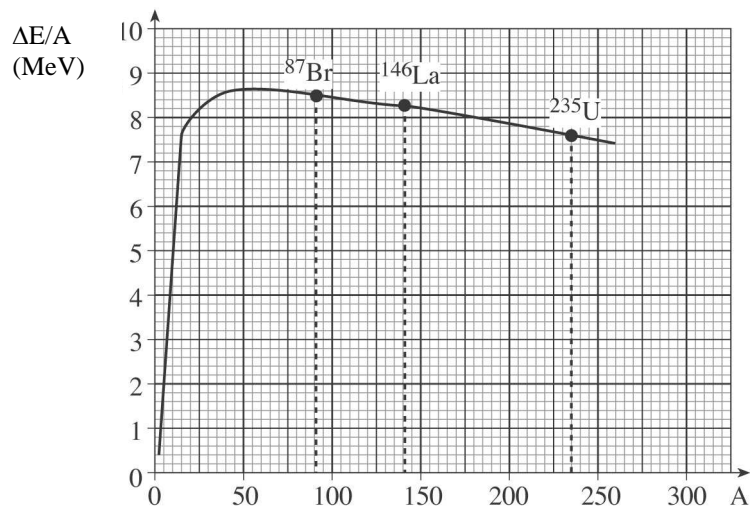
26. האיזוטופ יוד - 128 הוא רדיואקטיבי, והוא משמש לאבחנה ולטיפול רפואי.

בדגימה של יוד - 128 מדדו את הפעילות R (מספר ההתפרקויות הרדיואקטיביות בשנייה) כפונקציה של הזמן t (בשניות) שחלף מרגע סיום הכנת הדגימה. תוצאות המדידות רשומות בטבלה שלפניך.

פעילות (R) (s^{-1})	זמן (t) (s)
392	240
161	2160
65	4080
27	6000
11	7920

- א. על פי התוצאות שבטבלה, סרטט גרף של $\ln R$ כפונקציה של t.
- ב. על סמך הגרף שסרטטת, הראה שהקשר בין הפעילות R לזמן t הוא קשר מעריכי.
- ג. על סמך הגרף, מצא את זמן מחצית החיים של האיזוטופ יוד - 128.
- ד. על סמך הגרף, מצא כמה אטומי יוד - 128 היו בדגימה מיד בתום הכנתה.
27. התרשים שלפניך מתאר את אנרגיית הקשר הממוצעת לנוקלאון, $\Delta E/A$, ביחידה MeV

(מיליון אלקטרון וולט) כפונקציה של מספר המסה, A.



ΔE - אנרגיית הקשר של גרעין אטום, כלומר האנרגיה הדרושה להפריד בין כל הנוקלאונים של הגרעין.

A - מספר המסה של גרעין (מספר הנוקלאונים בגרעין).

א. על פי הגרף קבע, איזה גרעין יציב יותר: $^{87}_{35}\text{Br}$ או $^{235}_{92}\text{U}$. נמק.

- ב. הראה כי אנרגיית הקשר ΔE של גרעין ${}^{235}_{92}\text{U}$ יחיד שווה בקירוב ל- $2.8 \cdot 10^{-10} \text{ J}$.
- ג. גרעין ${}^{235}_{92}\text{U}$ מתבקע לגרעין ${}^{146}_{57}\text{La}$ ולגרעין ${}^{87}_{35}\text{Br}$. בכמה קטנה אנרגיית הקשר של גרעין ${}^{235}_{92}\text{U}$ מסכום אנרגיות הקשר של גרעין ${}^{146}_{57}\text{La}$ וגרעין ${}^{87}_{35}\text{Br}$?
- ד. ההספק המתקבל מתחנת הספק ("תחנת כוח") גרעינית אופיינית הוא $2 \cdot 10^9 \text{ W}$. הספק זה מתקבל מביקוע של ${}^{235}_{92}\text{U}$. הנח כי מכל ביקוע של גרעין ${}^{235}_{92}\text{U}$ נפלטת האנרגיה שחישבת בסעיף ג, והנח כי נצילות תחנת ההספק היא 25%.
- חשב את מספר הביקועים לשנייה של גרעיני ${}^{235}_{92}\text{U}$ הדרושים להפקת הספק זה.